

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭60-141842

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>  
C 22 C 19/05

識別記号

庁内整理番号  
7821-4K

⑭ 公開 昭和60年(1985)7月26日

審査請求 未請求 発明の数 6 (全11頁)

⑮ 発明の名称 ニッケル基超合金

⑯ 特 願 昭59-175262

⑰ 出 願 昭59(1984)8月24日

優先権主張 ⑱ 1983年12月27日 ⑲ 米国(US) ⑳ 565803

㉑ 発 明 者 ランゴバル・ダロリア アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チエスター、エス・モンテセロ・ドライブ、8778番

㉒ 発 明 者 エドワード・ハーベ イ・ゴールドマン アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、マーリイ、8339番

㉓ 出 願 人 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ アメリカ合衆国、12305、ニューヨーク州、スケネクタデイ、リバーロード、1番

㉔ 代 理 人 弁理士 生沼 徳二

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ニッケル基超合金

## 2. 特許請求の範囲

1. 本質的に重量表示で 1~10%のコバルト、6~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる、ニッケル基超合金基体に施用するための組成物。

2. 本質的に重量表示で 1~6%のコバルト、7~10%のクロム、5~7%のアルミニウム、4~6%のタンタル、3.5~5.5%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.5~1.5%のハフニウム、0.005~0.025%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.05~0.5%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的

不純物よりなる特許請求の範囲第1項記載の組成物。

3. 本質的に重量表示で 3.8~4.2%のコバルト、8.3~8.7%のクロム、5.8~6.2%のアルミニウム、4.7~5.3%のタンタル、4.2~4.8%のタングステン、1.2~1.8%のレニウム、1.3~1.7%のモリブデン、0.7~1.1%のハフニウム、0.005~0.02%のホウ素、0.005~0.2%の炭素、0.2~0.4%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第2項記載の組成物。

4. 本質的に重量表示で 1~10%のコバルト、6~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、0.5~2.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなるニッケル基超合金基体に施用するための組成物。

5. 本質的に重量表示で 1~6%のコバルト、7~10%のクロム、5~7%のアルミニウム、4~6%のタンタル、3.5~5.5%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.5~1.5%のハフニウム、0.005~0.025%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.05~0.5%のイットリウム、0.5~1.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第4項記載の組成物。

6. 本質的に重量表示で 3.8~4.2%のコバルト、8.3~8.7%のクロム、5.8~6.2%のアルミニウム、4.7~5.3%のタンタル、4.2~4.8%のタングステン、1.2~1.8%のレニウム、1.3~1.7%のモリブデン、0.7~1.1%のハフニウム、0.005~0.02%のホウ素、0.005~0.2%の炭素、0.2~0.4%のイットリウム、0.8~1.2%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第5項記載の組成物。

7. (a) ニッケル基超合金またはニッケル基

共晶超合金基体および

(b) 本質的に重量表示で 1~10%のコバルト、6~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなり、物品の外表面の少くとも一部を構成する被膜を具え、高度な被膜-基板適合性を有する高温酸化および腐食抵抗性の被覆ニッケル基超合金物品。

8. 被膜の組成が本質的に重量表示で 1~6%のコバルト、7~10%のクロム、5~7%のアルミニウム、4~6%のタンタル、3.5~5.5%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.5~1.5%のハフニウム、0.005~0.025%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.05~0.5%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第7

- 3 -

項記載の物品。

9. 被膜の組成が本質的に重量表示で 3.8~4.2%のコバルト、8.3~8.7%のクロム、5.8~6.2%のアルミニウム、4.7~5.3%のタンタル、4.2~4.8%のタングステン、1.2~1.8%のレニウム、1.3~1.7%のモリブデン、0.7~1.1%のハフニウム、0.005~0.02%のホウ素、0.005~0.2%の炭素、0.2~0.4%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第8項記載の物品。

10. 上記基体が方向性凝固により単結晶として製造できるニッケル基超合金よりなり、この超合金が本質的に重量表示で 7~12%のクロム、1~5%のモリブデン、3~5%のチタン、3~5%のアルミニウム、5~15%のコバルト、3~12%のタングステン、2~8%のタンタル、10%までのレニウム、2%までのコロンビウム、3%までのバナジウム、2%までのハフニウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなり、炭素、ホウ素およびジルコニウムは実質的に存在せず、

- 4 -

Al:Ti比が約0.5から約1までの範囲にあり、Cr:Al比が約1.5から4までの範囲にある特許請求の範囲第7項記載の物品。

11. 上記基体が本質的に重量表示で 9.3%のクロム、7.5%のコバルト、3.7%のアルミニウム、4%のタンタル、4.2%のチタン、1.5%のモリブデン、8%のタングステン、0.5%のニオブ、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第10項記載の物品。

12. (a) ニッケル基超合金またはニッケル基共晶超合金基体および

(b) 本質的に重量表示で 1~10%のコバルト、6~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、0.5~2.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなり、物品の外表面の少くとも一部を構成する被膜を具え、高度な被膜-

- 5 -

-202-

- 6 -

基板適合性を有する高温酸化および腐食抵抗性の被覆ニッケル基超合金物品。

13. 被覆の組成が本質的に重量表示で 1~6%のコバルト、7~10%のクロム、5~7%のアルミニウム、4~6%のタンタル、3.5~5.5%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.5~1.5%のハフニウム、

0.005~0.025%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.05~0.5%のイットリウム、0.5~

1.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第12項記載の物品。

14. 被覆の組成が本質的に重量表示で 3.8~4.2%のコバルト、8.3~8.7%のクロム、5.8~6.2%のアルミニウム、4.7~5.3%のタンタル、4.2~4.8%のタングステン、1.2~1.8%のレニウム、1.3~1.7%のモリブデン、0.7~1.1%のハフニウム、0.005~0.02%のホウ素、0.005~0.2%の炭素、0.2~0.4%のイットリウム、0.6~1.2%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第13項

記載の物品。

15. 上記基体が方向性凝固により単結晶として製造できるニッケル基超合金よりなり、この超合金が本質的に重量表示で 7~12%のクロム、1~5%のモリブデン、3~5%のチタン、3~5%のアルミニウム、5~15%のコバルト、3~12%のタングステン、2~6%のタンタル、10%までのレニウム、2%までのコロンビウム、3%までのバナジウム、2%までのハフニウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなり、炭素、ホウ素およびジルコニウムは実質的に存在せず、 $Al:Ti$ 比が約 0.5から約 1までの範囲にあり、 $Cr:Al$ 比が約 1.5から 4までの範囲にある特許請求の範囲第12項記載の物品。

16. 上記基体が本質的に重量表示で 9.3%のクロム、7.5%のコバルト、3.7%のアルミニウム、4%のタンタル、4.2%のチタン、1.5%のモリブデン、6%のタングステン、0.5%のニオブ、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第15項記載の物品。

- 7 -

17. (I) ニッケル基超合金またはニッケル基共晶超合金基体、および

(II) 上記基体と一体の1つ以上の厚い肉盛領域であって、この領域が物品の外表面の少くとも一部をなし、本質的に重量表示で 1~10%のコバルト、8~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる上記領域を具える複合物品。

18. 上記領域の組成が本質的に重量表示で 1~6%のコバルト、7~10%のクロム、5~7%のアルミニウム、4~6%のタンタル、3.5~5.5%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.5~1.5%のハフニウム、0.005~0.025%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.05~0.5%のイットリウム、残量のニ

ッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第17項記載の複合物品。

19. 上記領域の組成が本質的に重量表示で 3.8~4.2%のコバルト、8.3~8.7%のクロム、5.8~6.2%のアルミニウム、4.7~5.3%のタンタル、4.2~4.8%のタングステン、1.2~1.8%のレニウム、1.3~1.7%のモリブデン、0.7~1.1%のハフニウム、0.005~0.02%のホウ素、0.005~0.2%の炭素、0.2~0.4%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第18項記載の複合物品。

20. 上記基体が方向性凝固により単結晶として製造できるニッケル基超合金よりなり、この超合金が本質的に重量表示で 7~12%のクロム、1~5%のモリブデン、3~5%のチタン、3~5%のアルミニウム、5~15%のコバルト、3~12%のタングステン、2~6%のタンタル、10%までのレニウム、2%までのコロンビウム、3%までのバナジウム、2%までのハフニウム、残量の

- 9 -

-203-

- 10 -

ニッケルおよび付随的不純物よりなり、炭素、ホウ素およびジルコニウムは実質的に存在せず、  
 $Al:Ti$ 比が約 0.5から約 1までの範囲にあり、  
 $Cr:Al$ 比が約 1.5から 4までの範囲にある特許請求の範囲第17項記載の複合物品。

21. 上記基体が本質的に重量表示で、  
 9.3%のクロム、7.5%のコバルト、3.7%のアルミニウム、4%のタンタル、4.2%のチタン、1.5%のモリブデン、6%のタングステン、0.5%のニオブ、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第20項記載の複合物品。

22. 上記基体が航空機ガスタービンエンジンの回転ブレードまたは静止バーンであり、上記領域がその先端部分である特許請求の範囲第17項記載の複合物品。

23. (1) ニッケル基超合金またはニッケル基共晶超合金基体および

(2) 上記基体と一体の1個以上の圧入部領域であって、物品の外表面の少くとも一部をなし、本質的に重量表示で 1~10%のコバルト、6~12

%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、0.5~2.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる上記領域を具える複合物品。

24. 上記領域の組成が本質的に重量表示で 1~6%のコバルト、7~10%のクロム、5~7%のアルミニウム、4~6%のタンタル、3.5~5.5%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.5~1.5%のハフニウム、0.005~0.025%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.05~0.5%のイットリウム、0.5~1.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第23項記載の複合物品。

25. 上記領域の組成が本質的に重量表示で 3.8~4.2%のコバルト、8.3~8.7%のクロム、

- 11 -

5.8~6.2%のアルミニウム、4.7~5.3%のタンタル、4.2~4.8%のタングステン、1.2~1.8%のレニウム、1.3~1.7%のモリブデン、0.7~1.1%のハフニウム、0.005~0.02%のホウ素、0.005~0.2%の炭素、0.2~0.4%のイットリウム、0.8~1.2%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第24項記載の複合物品。

26. 上記基体が方向性凝固により単結晶として製造できるニッケル基超合金よりなり、この超合金が本質的に重量表示で 7~12%のクロム、1~5%のモリブデン、3~5%のチタン、3~5%のアルミニウム、5~15%のコバルト、3~12%のタングステン、2~6%のタンタル、10%までのレニウム、2%までのコロンビウム、3%までのバナジウム、2%までのハフニウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなり、炭素、ホウ素およびジルコニウムは実質的に存在せず、  
 $Al:Ti$ 比が約 0.5から約 1までの範囲にあり、  
 $Cr:Al$ 比が 1.5から 4までの範囲にある特許請求

- 12 -

の範囲第23項記載の複合物品。

27. 上記基体が本質的に重量表示で、  
 9.3%のクロム、7.5%のコバルト、3.7%のアルミニウム、4%のタンタル、4.2%のチタン、1.5%のモリブデン、6%のタングステン、0.5%のニオブ、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる特許請求の範囲第26項記載の複合物品。

28. 上記基体が航空機ガスタービンエンジンの回転ブレードまたは静止バーンであり、上記領域がその先端部分である特許請求の範囲第23項記載の複合物品。

### 3. 発明の詳細な説明

アメリカ合衆国政府は、合衆国海軍が交付した契約N0.N 00019-80-C-0017に従ってこの発明に権利をもつ。

### 関連出願の開示

ここに開示され特許請求された発明は、本出願と同日付で出願された米国特許出願第 585,802号に開示され特許請求された発明と関連している。

- 13 -

- 204 -

- 14 -

## 発 明 の 背 景

本発明は、一般に航空機ガスタービンエンジンの高熱領域部品、例えばペーンおよび回転ブレードを製造するのに有用なニッケル基超合金に関し、特に最新のニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金から形成された上述のような高熱領域部品の環境抵抗を向上させるのに特に有用なイットリウムおよびイットリウム-珪素含有適合性被膜（コーティング）に関する。

従来ニッケル基超合金から製造されたペーンおよび回転ブレードは代表的には等軸非配向結晶粒よりなる。粒界の高温機械的特性への効果を認識した上で、粒界強化剤、例えばホウ素およびジルコニウムの添加により粒界を強化するか、主応力軸を横断する粒界を除去するか、または粒界をすべて除去することにより上記のようなペーンおよびブレードの特性を改良する多大な努力が払われてきた。

例えば米国特許第 4,202,400号に記載されているような方向性凝固（DS=directional solid

ification）を用いることによって、柱状結晶粒の配向した顕微鏡組織を有する部品、例えばペーンおよび回転ブレードを製造することが可能であり、この部品の結晶粒はその主軸が部品の主応力軸に平行であり、主応力軸に直交する粒界をほとんどまたはまったくもたない。さらに進歩した技術では、方向性凝固技術を用いてペーンおよび回転ブレードを単結晶として製造し、こうして大きな角度の粒界をなくしかつ小さな角度の粒界を主応力軸に平行に配向するとともに、小さな角度の粒界の存在を最小限に抑える。

高温ガスタービン用材料のまた別の進歩として、ニッケル基共晶超合金、例えば Gligliotti, Jr. らの米国特許第 4,292,076号に記載されたタイプのモノカーバイド強化ニッケル基共晶超合金が挙げられる。米国特許第 4,292,076号の超合金は、厳密な条件下で方向性凝固させてプレーナ・フロント凝固（PFS=planar front solidification）を達成した場合、強化用金属炭化物（MC）の強い繊維が $\gamma/\gamma'$ ニッケル基超合金母材に埋

- 15 -

められた共晶複合物の顕微鏡組織となる。プレーナ・フロント凝固中に高度に整列した異方性顕微鏡組織が形成されるので、米国特許第 4,292,076号の超合金は、他の合金より広い範囲の凝固温度にわたって潜在的構造安定性および特性保持を呈する。

しかし、これらの発展したニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金の温度面での利点を十分に利用するために、意図している高い使用温度での環境からの保護をなす被膜が必要とされている。被膜および被膜/基体複合体には厳しい要求が課されている。例えば、被膜は基体に密着、即ち冶金結合させなければならず、理想的には基体の機械的特性（例えば、延性、応力破壊強さ、熱疲労抵抗）や基体の化学的特性（例えば耐酸化性および高温耐食性）を劣化してはならない。

従来の不適合性被膜から招来される共晶超合金への悪影響の例としては、繊維から被膜への炭素の外方拡散に起因する被膜/基体界面付近での繊維侵食や、被膜と基体との間の元素の相互拡散に基

- 16 -

づく基体内への脆い析出物—通常は針状ブレイトレットの形態の—の形成が挙げられる。同様に、 $\gamma'$ 強化相の侵食された区域および脆い析出物の形成が、不適合性被膜の使用の結果として単結晶ニッケル基超合金に認められている。

多数の被膜および障壁/被膜系が提案され試用されているが、従来全般的には、発展したニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金基体と真に適合性である、即ち環境からの保護性を向上させ、基体との良好な冶金結合を形成し、しかも基体の機械的および化学的特性を劣化しない被膜または障壁/被膜系を規定することができていない。

従って、最新世代のニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金、特に航空機ガスタービンエンジンのペーンおよび回転ブレードとして使用するように設計された超合金と真に適合性である環境からの保護性被膜が求められている。

## 発 明 の 要 旨

本発明によれば、高度なニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金と機械的および化学的に

- 17 -

—205—

- 18 -

適合性であり、かつ高温酸化に対する優れた抵抗性を有する2つのニッケル基超合金が提供される。従って、本発明の合金は、高度なニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金から形成された航空機ガスタービンエンジンの高熱部部品、例えば回転ブレードおよび静止ペーンの外面用の環境からの保護性被膜として特に有用である。

広義には、本発明のイットリウム含有超合金は、本質的に重量表示で、1~10%のコバルト、6~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる。

また、本発明のイットリウム-珪素含有超合金は、本質的に重量表示で、1~10%のコバルト、6~12%のクロム、5~8%のアルミニウム、1~10%のタンタル、1~10%のタングステン、

0~3%のレニウム、0~2%のモリブデン、0.1~2%のハフニウム、0.005~0.1%のホウ素、0.005~0.25%の炭素、0.01~1.0%のイットリウム、0.5~2.5%の珪素、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる。

上述した新しい超合金を大抵の場合環境からの保護性被膜として施用して、ガスタービンエンジン部品および物品の外面の少くとも一部を構成することが考慮されているが、本発明の新しい合金が補修の目的で基体、例えば航空機ガスタービンエンジン部品の選ばれた領域に形成されたかなり肉厚に盛られた溶着金属として、または回転ブレードの先端部分として有用であることも確かめた。このような施用例では、基体としてニッケル基超合金またはニッケル基共晶超合金から形成された物品、例えばガスタービンエンジンのエーロフォイルを有しかつこの基体と連続な、即ち基体に接合され基体の一体部分を形成する1つ以上の肉厚に盛られた溶着金属領域を有する複合製造物品が考えられており、ここで1つ以上の領域は複

- 19 -

合物品の外面の少くとも一部を構成し、上述した新しい超合金組成のいずれかのものである。

#### 好適実施例の説明

上記要旨の項で説明したように、本発明は進歩したニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金と機械的および化学的に適合性であり、かつ高温酸化に対する優れた抵抗性を有するニッケル基超合金に関する。本発明のイットリウム含有超合金は本質的にコバルト、クロム、アルミニウム、タンタル、タングステン、レニウム、モリブデン、ハフニウム、ホウ素、炭素およびイットリウムから下記の第I表に記載した割合(重量パーセント)で構成され、残量がニッケルおよび付随的不純物である。

- 20 -

第 I 表

元素	合金組成(重量%)		
	基本範囲	好適範囲	最善範囲
Co	1-10%	1-6%	3.8-4.2%
Cr	6-12%	7-10%	8.3-8.7%
Al	5-8%	5-7%	5.8-6.2%
Ta	1-10%	4-6%	4.7-5.3%
W	1-10%	3.5-5.5%	4.2-4.8%
Re	0-3%	0-3%	1.2-1.8%
Mo	0-2%	0-2%	1.3-1.7%
Hf	0.1-2%	0.5-1.5%	0.7-1.1%
B	0.005-0.1%	0.005-0.025%	0.005-0.02%
C	0.005-0.25%	0.005-0.25%	0.005-0.2%
Y	0.01-1.0%	0.05-0.5%	0.2-0.4%

本発明のイットリウム-珪素含有超合金は本質的にコバルト、クロム、アルミニウム、タンタル、タングステン、レニウム、モリブデン、ハフニウム、ホウ素、炭素、イットリウムおよび珪素から下記の第II表に記載した割合(重量パーセント)で構成され、残量がニッケルおよび付随的不純物である。

- 21 -

- 206 -

- 22 -

## 第 II 表

元素	合金組成(重量%)		
	基本範囲	好適範囲	最適範囲
Co	1-10%	1-6%	3.8-4.2%
Cr	6-12%	7-10%	8.3-8.7%
Al	5-8%	5-7%	5.8-6.2%
Ta	1-10%	4-6%	4.7-5.3%
W	1-10%	3.5-5.5%	4.2-4.8%
Re	0-3%	0-3%	1.2-1.8%
Mo	0-2%	0-2%	1.3-1.7%
Hf	0.1-2%	0.5-1.5%	0.7-1.1%
B	0.005-0.1%	0.005-0.025%	0.005-0.02%
C	0.005-0.25%	0.005-0.25%	0.005-0.2%
Y	0.01-1.0%	0.05-0.5%	0.2-0.4%
Si	0.5-2.5%	0.5-1.5%	0.8-1.2%

本発明の合金は、中実および中空の筐体冷却ガスタービンエンジン部品で、ガスタービンエンジンの高熱段区分で作動し進歩したニッケル基超合金およびニッケル基共晶超合金でできた、例えば回転ブレードおよび静止バーンの外表面用の、厚さ約0.002～0.1インチの環境からの保護性被膜として特に有用である。ここで説明する新しい合金を大抵の場合環境からの保護性被膜として施用

- 23 -

の差が大きいので、物理的真空蒸着のような他の方法による本発明の新しい合金の被膜を設けかつ組成を制御することは、不可能ではないとしても困難である。しかし、物理的蒸着やイオンプレーティングのような方法における工程の改良や修正がなされればこれらの方法により被膜を形成することが可能となることが理解され、従ってこれらの方法を用いることも考慮されている。そのほかにスパッタリング、スラリー焼結などの技術も考慮することができる。

本発明を具体的に示すために、以下表示目的で「6MY」または6MY型被膜と称する一連の被膜を、本発明の6MY型合金、即ち本質的に、通常の溶融公差内で公称重量%表示で、4%Co、8.5%Cr、6%Al、5%Ta、4.5%W、1.5%Re、1.5%Mo、0.9%Hf、0.01%B、0.05%Cおよび0.3%Y、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる合金を、平板状基体およびピン状基体の上に低圧プラズマ溶射することによって、環境試験の目的で製造した。

- 25 -

して、ガスタービンエンジン部品および物品の外表面の少くとも一部を構成することが考慮されているが、本発明の超合金がこのような物品または部品基体の選ばれた領域に施用される1つ以上のかなり肉厚に盛られた溶着金属としても有用であることを確かめた。

この新しい合金を被膜として、あるいはかなり肉厚に盛られた溶着金属として設けるかいずれにしても、本発明の合金を溶着するにはプラズマ溶射技術と使用するのが好ましい。Muehlbergerの米国特許第3,839,618号に記載された低圧プラズマ溶射(LPPD=low pressure plasma deposition)と称される技術がもっとも好適である。本発明の合金はプラズマ溶射後に、そして特に上述したLPPD法によりプラズマ溶射後に非常に緻密な被膜または溶射膜を生成し、溶射したものの密度として95%以上が容易に得られる。

クロム、マンガンまたはアルミニウムのような高蒸気圧元素とタンタルまたはタングステンのような低蒸気圧元素との間の蒸発速度(また蒸気圧)

- 24 -

同様に、以下表示目的で「6MYSi」または6MYSi型被膜と称する一連の被膜を、本発明の合金、即ち本質的に、通常の溶融公差内で公称重量%表示で、4%Co、8.5%Cr、6%Al、5%Ta、4.5%W、1.5%Re、1.5%Mo、0.9%Hf、0.01%B、0.05%C、0.3%Yおよび1.0%Si、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなる合金を、平板状基体およびピン状基体の上に低圧プラズマ溶射することによって、環境試験の目的で製造した。

方向性凝固により単結晶として鑄造でき米国特許出願第307,819号(1981年10月2日出願)に記載されたものに合致するニッケル基超合金、即ち本質的に重量表示で7～12%のCr、1～5%のMo、3～5%のTi、3～5%のAl、5～15%のCo、3～12%のW、2～6%のTa、10%までのRe、2%までのCb、3%までのV、2%までのHf、残量のニッケルおよび付随的不純物よりなり、さらにC、BおよびZnの実質的不存在により特徴付けられ、Al:Ti比が約0.5から約1までの範囲に

- 207 -

- 26 -

維持され、Cr:Al比が約1.5から4までの範囲に維持されたニッケル基超合金を基体として用意した。このニッケル基超合金を、以下表示目的で「N」またはN型基体と称する。さらに特定すると、この基体材料の組成は、公称で重量表示で、8.3%Cr、7.5%Co、3.7%Al、4%Ta、4.2%Ti、1.5%Nb、6%W、0.5%Nb、残量のニッケルおよび付随的不純物である。

比較のために、上述したN型基体に、従来この種の基体の環境による劣化に対する抵抗力を高めるために用いられている代表的な被膜も設けた。この場合、選ばれた被膜材料は、米国特許第3,928,026号に記載されたタイプのNiCoCrAlY(Ni-23Co-18Cr-12.5Al-0.3Y)であった。NiCoCrAlY型の被膜はすべて、上記米国特許第3,928,026号に記載された物理的蒸着(PVD)法を用いて市販装置を使って設けた。

被膜の形成に先立って、被膜とは係わりなく、N型基体2310°Fで2時間溶液処理した。NiCoCrAlY型被膜を形成する方法は既に説明した。6MY

および6MYSi被膜は上述したLPPDプラズマ溶射法によって、市販の標準外部供給式プラズマ溶射ガンおよび第III表の処理パラメータを用いて形成した。

第 III 表

LPPDプラズマ溶射処理パラメータ (N型基体上の6MYおよび6MYSi被膜)	
ガン-基体間距離	12~15インチ
電圧	公称50ボルト
電流	公称 800アンペア
一次ガス/流量	アルゴン/50標準ℓ/分
二次ガス/流量	水素/6標準ℓ/分
キャリアガス/流量	アルゴン/1標準ℓ/分
粉末流量	10g/時
粉末寸法	公称- 400メッシュ (37μ)
空圧	30~40トル

基体の特性を最適にするために、すべての被覆済み基体を溶射後熱処理に供した。この熱処理は代表的には1975°Fで4時間の第1エージングとこれに続く1650°Fで16時間の第2エージングとからなる。この段階で、被覆を「被覆したまま」の被膜と称する。エージング処理後のN型基体の組織

- 2 7 -

はγ基材中にγ'析出物が存在する組織である。

第IV表に、天然ガス火炎を表に示した速度で用いて、表に示した条件下でピン状試料に行った循環酸化試験の結果を示す。試料を回転させて均一曝露し、1時間に1回火炎から周期的に取り出して試料を約800°Fに冷却した。被膜をベース金属(基体)酸化が始まる程度の被膜の貫通として定めた。高熱腐食試験を1700°FでJP-5燃料の燃焼火炎を用いて、50ppmの塩を燃焼生成物に加えて行った。試料を回転させて均一曝露し、1時間に1回火炎から定期的に取り出した。

第 IV 表

循環酸化試験(N型基体)		
試験条件	被膜	破損までの時間 (時間)
2075°F、ガス速度マッハ1.0 毎時1回 800°Fに循環	NiCoCrAlY	500
	6M	325
	6MY	500
	6MYSi	500
2150°F、ガス速度マッハ1.0 毎時1回 800°Fに循環	NiCoCrAlY	-
	6M	160
	6MY	195
	6MYSi	195

- 2 9 -

本出願と同日付で出願される特許明細書(米国特許出願番号第565,802号)には、共晶および単結晶ニッケル基超合金と真に適合性な(6M型)超合金被膜の発明が開示され特許請求されている。実証されているように、例えば6M型被膜と共晶およびN型ニッケル基超合金の基体との間に形成された相互作用区域が小さいので、6M型被膜はこれらの超合金基体と物理的および化学的に適合性である。精密に制御された量のイットリウムまたはイットリウムと珪素の混合物を添加することにより、6M型合金のそうでなくても優れた酸化抵抗を、これらの合金のニッケル基超合金基体との物理的および化学的適合性に悪影響を与えることなく、格段に改良することができるを見出した。第IV表のデータから、イットリウムまたはイットリウム及び珪素を添加すると、この発明の合金の酸化抵抗が6M型合金の酸化抵抗より2075°Fで約50%、2150°Fで約20%改良され、基準のNiCoCrAlY被膜の酸化抵抗と大体同じであることを示している。N型基体への高熱腐食試験では、6

- 2 8 -

-208-

- 3 0 -



MYおよび6MYSi被膜がそれぞれ約785および1000時間の寿命を呈した。従って、Si含有6MYSi被膜の寿命が6MY被膜の寿命より約40%長いことが確認された。本発明の合金は、高熱腐食抵抗がNiCoCrAlYより低い、高熱腐食から保護をなす被膜として良好である。

被覆試料を金属組織学的に評価して被膜と基体との相互作用の範囲を求めた。結果を第V表に示す。即ち第V表は、表に示す温度および時間での酸化試験での暴露後の侵食領域およびプレイトレット(platelet)形成領域の範囲を示し、これらの領域の合計が相互作用領域をなす。N型基体中の侵食領域は、基体から被膜への元素の拡散により $\gamma'$ が希薄になり、弱体化した主として $\gamma'$ の基材が残った領域である。プレイトレットの形成は、被膜と基体との間の元素の相互拡散の結果であり、即ち被膜と基体との間の化学的不適合性の証拠である。

第3図および第5図を見ると、被覆したまゝの状態で、6MYおよび6MYSi型被膜とN型基体

との間には相互作用区域の形成が実質的には認められない。しかし、第1図では、NiCoCrAlY被膜とN型基体との間に僅かな相互作用区域が見られる。

第2図、第4図、第6図および第V表を参照すると、酸化試験において2075°Fで375時間の暴露後、NiCoCrAlY被膜とN型基体との間に相互作用区域が形成され、これが6MYおよび6MYSi型被膜とN型基体との間に形成された相互作用区域と較べて、6MY/Nおよび6MYSi/N型の組み合わせは約25%以上長い時間試験しているにもかかわらず、2倍以上深いことがわかる。

第V表

酸化試験後の相互作用区域の平均深さ				
被膜/基体	暴露 (時間/°F)	侵食 (ミル)	プレイトレット (ミル)	合計 (ミル)
NiCoCrAlY/N	375/2075	3.2	0	3.2
6MY/N	511/2075	1.5	0	1.5
6MYSi/N	478/2075	1.0	0	1.0

- 3 1 -

拡散相互作用の減少と良好な環境抵抗との独特な組合せに加えて、本発明の合金はNiCoCrAlY合金より優れた高温強度も有する。NiCoCrAlY、6MYおよび6MYSi型合金の極めて厚い(約1/2インチ)被膜に行った高温引張試験から、1800°Fではこれら合金の極限引張強さ(UTS)がそれぞれ約7,38および41ksiであり、2000°Fではこれら合金のUTSがそれぞれ約3,14および12ksiであることが示された。本発明の合金の高い強度が熱/機械的疲労亀裂抵抗の大きな向上につながっていると考えられる。

本発明の合金はそれ自体超合金であるので、本発明の合金とニッケル基超合金基体との間の熱膨張係数( $\alpha$ )の差はNiCoCrAlYと同じ超合金基体との間の差より小さい。 $\alpha$ の差が小さいと使用中の被覆合金に加えられる応力が軽減され、これにより被膜の剥離および熱疲労亀裂の傾向が軽減される。

本発明の合金の相互作用区域を形成する傾向が低いこと、特にプレイトレットを形成する傾向が低

- 3 2 -

いことと、ニッケル基超合金基体との強度および熱膨張の適合性が高いことが相まって、本発明の合金は苛酷な高圧力・高温度のタービン環境下で必要とされる環境抵抗を与えるだけでなく、ニッケル基超合金基体と共に化学的および物理的に適合性である被膜となる。

本発明の新しい合金が航空機ガスタービンエンジン部品の選ばれた領域、例えば回転ブレードや静止バーンの先端部分に形成されたかなり肉厚に露れた溶着金属として、あるいはエロフォイルのような部品によく生じる欠損または損傷区域を補修する目的に有用であることも確かめた。この点で、本発明の合金は部品が形成されている超合金、例えば構造用または重量機械用合金の性質が大で、被膜の性質が小である。薄い被膜とは反対に、かなり厚い溶着金属の肉盛を形成するために必要とされるプラスマスプレー法の変更は、プラスマ溶射技術の通常の知識をもつ者の知識と製造の範囲内のことである。

本明細書で特に触れなかった種々の変更や改変

- 3 3 -

-209-

- 3 4 -

を本発明自身にまたその実施の態様に、本発明の要旨から逸脱することなく加えることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はN型ニッケル基単結晶超合金基体に被覆したまゝのNiCoCrAlY型被膜の金属組織を示す300倍の顕微鏡写真、

第2図は酸化試験で2075℃で375時間の暴露後の、N型基体上のNiCoCrAlY型被膜の金属組織を示す300倍の顕微鏡写真、

第3図はLPPD法によりN型基体に被膜として被覆したまゝの本発明の6MY合金の金属組織を示す300倍の顕微鏡写真、

第4図は酸化試験で2075℃で511時間の暴露後の、N型基体上の本発明の6MY合金の金属組織を示す300倍の顕微鏡写真、

第5図はLPPD法によりN型基体に被膜として被覆したまゝの本発明の6MYSi合金の金属組織を示す300倍の顕微鏡写真、そして

第6図は酸化試験で2075℃で476時間の暴露後の、N型基体上の本発明の6MYSi合金の金属組織を

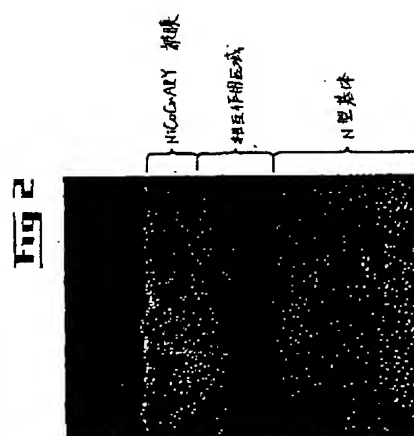
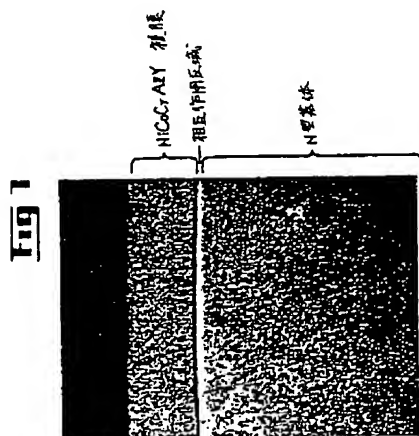
示す300倍の顕微鏡写真である。

特許出願人

ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
代理人 (7630) 生 昭 徳 二

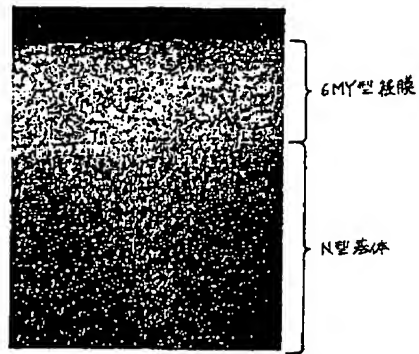
- 35 -

- 36 -

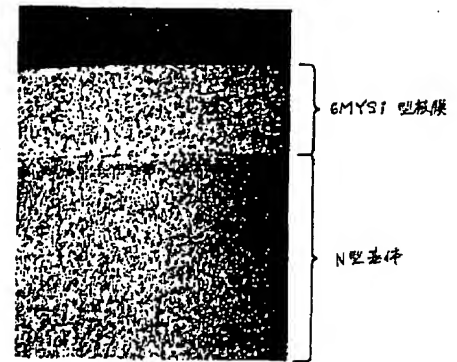


BEST AVAILABLE COPY

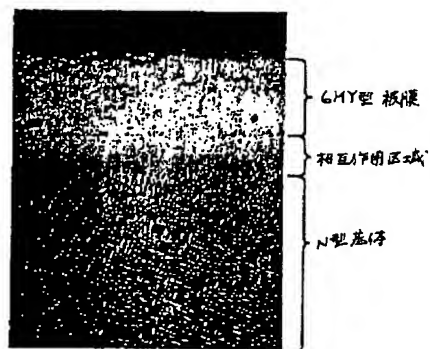
**Fig 3**



**Fig 5**



**Fig 4**



**Fig 6**

